

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 37 011.7

Anmeldetag:

13. August 2002

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Anmelder/Inhaber:

Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Hamburg/DE

Bezeichnung:

Verfahren zur Codierung von Linien

IPC:

G 06 K 9/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Ebert



BESCHREIBUNG

Verfahren zur Codierung von Linien

Technisches Gebiet

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Codierung von Linien in einem Hautabdruckbild, insbesondere Fingerabdruckbild.

Hintergrund der Erfindung

10

Zur Identifizierung von Fingerabdrücken werden Bilder der Fingerabdrücke analysiert, wobei charakteristische Merkmale, insbesondere Endungen und Verzweigungen der Leisten extrahiert und mit gespeicherten Vergleichsmerkmalen verglichen werden.

15 Um eine Extraktion der charakteristischen Merkmale zu ermöglichen, ist eine Vorverarbeitung der Bilder sowie eine Vorverarbeitung und eine Speicherung der durch die Vorverarbeitung entstehenden Objekte erforderlich. Ein häufig im Rahmen der Vorverarbeitung angewandter Schritt ist die sogenannte Skelettierung, bei welcher die mehrere Bildelemente (Pixel) breiten Leisten auf ein Bildelement breite Linien reduziert werden. Zuvor erfolgt eine Binarisierung der Helligkeitswerte. Zur Speicherung einer solchen Linie sind daher alle Rasterpunkte im Speicher mit ihren Koordinaten abzu-
0 legen, welche zur Linie gehören. Bei der Vielzahl der Linien benötigt dies einen erheblichen Platzbedarf im Speicher.

25 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Linien datenreduzierend zu codieren, ohne dass ein Verlust der für die strukturelle Analyse erforderlichen Informationen auftritt.

Darstellung der Erfindung

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass jeweils eine Linie durch auf der Linie liegende Stützpunkte einschließlich des Anfangspunktes und des Endpunktes
5 codiert wird, wobei sich Verbindungsstrecken zwischen benachbarten Stützpunkten nicht weiter als ein vorgegebener Abstand von der Linie entfernen.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren erfolgt nicht nur eine Einsparung an Speicher-

bedarf. Die nachfolgende strukturelle Analyse, insbesondere die Extraktion von charak-
10 teristischen Merkmalen, erfolgt schneller und einfacher als mit einem Binärbild, das die skelettierten Leisten enthält. Je nach den dazu angewandten Verfahren genügt eine Berücksichtigung der Stützpunkte, ohne dass die Linie als solche durch Berechnung von auf den Verbindungsstrecken liegenden weiteren Punkten decodiert werden muss.

15 Eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglicht eine besonders vorteilhafte Bestimmung der Stützpunkte dadurch, dass nach der Bestimmung des Anfangspunktes und des Endpunktes nach demjenigen Punkt auf der Linie gesucht wird, der den größten Abstand zu einer Verbindungsstrecke zwischen dem Anfangs-
20 punkt und dem Endpunkt aufweist, dass der Punkt mit dem größten Abstand als ein erster Stützpunkt abgelegt wird, dass zwischen dem ersten Stützpunkt und dem Anfangspunkt und dem Endpunkt jeweils nach einem weiteren Punkt mit dem größten Abstand zu der zugehörigen Verbindungsstrecke gesucht wird, dass die gefundenen Punkte einen zweiten und einen dritten Stützpunkt darstellen zwischen denen, dem Anfangspunkt, dem Endpunkt und dem ersten Stützpunkt weitere Punkte mit dem
25 jeweils größten Abstand gesucht werden, die weitere Stützpunkte bilden, und dass eine entsprechende Suche solange fortgesetzt wird, bis kein Punkt mit einem größeren Abstand als dem vorgegebenen Abstand gefunden wird.

30 Der vorgegebene Abstand richtet sich nach verschiedenen Eigenschaften des Hautabdruckbildes, beispielsweise nach dem Abstand zwischen den Linien und deren

maximaler Krümmung. In der Praxis hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der vorgegebene Abstand kleiner als ein Drittel des Abstandes zwischen den Linien ist.

5 Die bei Hautabdruckbildern auftretenden Verzweigungen von Leisten können bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dadurch berücksichtigt werden, dass sich verzweigende Linien an der Verzweigung aufgebrochen werden. Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn durch das Aufbrechen alle drei Zweige der Verzweigung als jeweils eine Linie verarbeitet werden. Durch das Aufbrechen ist dann auch jeweils ein Anfangs- bzw. Endpunkt dieser Linien festgelegt.

10 Im Falle von bei Hautabdruckbildern ebenfalls vorkommenden geschlossenen Linien kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass geschlossene Linien aufgebrochen werden. Damit stehen dann auch Anfangs- und Endpunkt der aufgebrochenen Linie fest.

15 Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass bei der Bestimmung eines Abstandes von einer Verbindungsstrecke das Lot von dem jeweiligen Punkt auf die die Verbindungsstrecke enthaltende Gerade berechnet wird. Diese Ausgestaltung führt allerdings bei starken Krümmungen unter Umständen zu Fehlern, bedarf jedoch eines relativ geringen Rechenaufwandes.

20 Eine andere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens führt auch zu einer richtigen Abstandsbestimmung im Falle von starken Krümmungen und besteht darin, dass der Abstand jeweils eines Punktes zu einer Verbindungsstrecke als Abstand zum Anfang oder Ende der Verbindungsstrecke berechnet wird, wenn das Lot von dem jeweiligen Punkt auf die die Verbindungsstrecke enthaltende Gerade nicht auf der Verbindungsstrecke liegt.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

5

Fig. 1 ein skelettiertes Fingerabdruckbild,

Fig. 2 schematisch eine Leiste, die in einen Linienzug skelettiert ist,

10

Fig. 3 Darstellungen zur Bestimmung des Abstandes eines Punktes von einer Strecke,

Fig. 4 eine Linie, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren codiert wird,

15

Fig. 5 als Flussdiagramm ein Programm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 6 einen Teil des Flussdiagramms nach Fig. 5 in detaillierterer Darstellung.

20

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

25

Fig. 1 zeigt ein Fingerabdruckbild nach einer Vorverarbeitung als binärisiertes Rasterbild von beispielsweise 250 x 350 Pixeln, die jeweils den Wert 0 oder 1 (schwarz oder weiß) annehmen können. Das Bild beinhaltet verschiedene Linien 1, die Anfangspunkte 2, Endpunkte 3 und Verzweigungen 4 aufweisen.

30

Fig. 2 zeigt schematisch eine der skelettierten Linien, die jeweils nur ein Bildelement breit sind. Eine Verbindungslinie der Mittelpunkte der die skelettierte Linie ausmachenden Bildelemente stellt einen Linienzug dar, dessen einzelne Punkte ohne das erfindungsgemäße Verfahren mit ihren Koordinaten gespeichert werden müssten.

Damit die Linien 1 einzeln codiert werden, werden in einem ersten Verfahrensschritt die Endungen und Verzweigungspunkte im skelettierten Bild festgestellt. Dies geschieht nach an sich bekannten Verfahren. So wird beispielsweise nach Punkten mit dem Binärwert einer Linie (in den Figuren schwarz) gesucht, die lediglich nur einen Nachbarn mit dem gleichen Binärwert aufweisen. Bei Verzweigungen wird beispielsweise nach Punkten gesucht, die mehr als zwei Nachbarn haben.

10 Dadurch entstehen Linien mit jeweils einem Anfangs- und einem Endpunkt. Durch ein Verfolgungsverfahren werden diese Linien jeweils in eine Liste von Punkten umgewandelt, wobei die Koordinaten der Punkte jeweils eines Linienzuges in der Reihenfolge, wie sie bei der Verfolgung aufgefunden werden, in einem Speicher abgelegt werden.

15 Um den Speicherbedarf zu reduzieren wird nun geprüft, welche von den inneren Punkten einer jeden Linie nötig sind, um diesen im Rahmen einer vorgegebenen Genauigkeit zu repräsentieren. Dazu wird gefordert, dass keiner der Punkte des ursprünglichen Linienzuges um mehr als einen vorgegebenen Abstand von dem reduzierten Linienzug abweicht. Bevor auf das eigentliche Verfahren eingegangen wird, werden unter Bezugnahme auf Fig. 3 zwei Arten zur Bestimmung des Abstandes eines
20 Punktes zur Verbindungsstrecke zwischen zwei Enden einer Strecke AB erläutert.

Bei der in Fig. 3a dargestellten Variante begnügt man sich damit, den Abstand zu der Geraden zu ermitteln, die durch die Enden A und B verläuft. Dies ist immer dann ausreichend, wenn für jeden Punkt, dessen Abstand zu der Geraden höchstens dem
25 vorgegebenen Abstand h entspricht, der Abstand zu der Verbindungsstrecke auch höchstens h ist.

In Fig. 3a sind parallel zur durch A und B gehenden Geraden äquidistante Geraden dargestellt. Dieses Verfahren kann zu Fehlern bei Linien mit sehr starken Krümmungen
30 führen, was bei dem in Fig. 3b dargestellten Verfahren vermieden wird. Hier wird der

tatsächliche Abstand von der Verbindungsstrecke zwischen A und B bestimmt, wozu festgestellt werden muss, ob das Lot von dem Punkt auf die Gerade diese außerhalb oder innerhalb von A und B trifft. Im ersten Fall wird der Abstand zum dichteren von den Punkten A und B bestimmt, im zweiten Fall der Abstand zur Verbindungsstrecke, also zum Fußpunkt des Lotes. Bei Verwehung der Abstandsbestimmung nach Fig. 3b kann das zugrundeliegende Binärbild beliebige Strukturen aufweisen.

Fig. 3c verdeutlicht nochmals die Abstandsbestimmung eines Punktes C. Mit dem Verfahren nach Fig. 3a würde ein Abstand kleiner als h ermittelt werden, was offensichtlich nicht der Fall ist. Mit dem Verfahren nach Fig. 3b wird jedoch der Abstand gleich der Entfernung zwischen C und B ermittelt.

Fig. 4 veranschaulicht am Beispiel einer Linie 1 einzelne Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens. Zunächst wird gemäß Fig. 4a eine Verbindungsstrecke 5 zwischen den Endpunkten x_1 und x_9 der Linie 1 gebildet, die beispielsweise zunächst aus etwa 300 Punkten besteht. Danach wird derjenige Punkt auf der Linie mit dem größten Abstand zur Verbindungsstrecke 5 berechnet, nämlich der Punkt x_5 im vorliegenden Beispiel. Von diesem wird wiederum jeweils eine Verbindungsstrecke 6, 7 zu den Punkten x_1 und x_9 gebildet (Fig. 4b). Bei der Darstellung gemäß Fig. 4c sind die Punkte x_3 und x_7 mit den größten Abständen zu den Verbindungsstrecken 6, 7 (Fig. 4b) dargestellt, die wiederum Ausgangspunkt zu weiteren Verbindungsstrecken 8, 9, 10, 11 sind, was zu dazwischen liegenden Punkten x_2 , x_4 , x_6 und x_8 führt (Fig. 4d).

Nach der Berechnung jeweils einer der Verbindungsstrecken 5 bis 19 wird geprüft, ob keiner der Punkte auf der Linie 1 zwischen den die jeweilige Verbindungsstrecke begrenzenden Punkten x_1 bis x_9 einen größeren Abstand als h (Fig. 3) aufweist. Ist dies nicht der Fall, wird auf dem entsprechenden Linienabschnitt kein neuer Stützpunkt gebildet. Ist innerhalb der gesamten Linie kein Punkt mehr weiter entfernt als die entsprechende Verbindungsstrecke, sind alle Stützpunkte ermittelt, die dann in eine Liste eingetragen werden, welche die Linie im Rahmen der geforderten Genauigkeit

vollständig beschreibt. Im dargestellten Beispiel genügen anstelle der ursprünglichen 300 Punkten die in Fig. 4d gezeigten neun Punkte x1 bis x9.

5 In einer Untersuchung von 880 Fingerabdrücken wurde eine durchschnittliche Zahl von 275 Punkten ermittelt, die nötig sind, um einen kompletten Fingerabdruck mit den erfindungsgemäßen Verfahren zu repräsentieren bzw. zu codieren. In weniger als 2% aller Fälle wurden mehr als 400 Punkte benötigt. Geht man davon aus, dass die Position eines Punktes in zwei-Byte gespeichert werden können und dass man noch etwa 100
10 Byte benötigt, um die einzelnen Linienzüge durch Endmarken im Speicher voneinander zu trennen, so kann man mit dem erfindungsgemäßen Verfahren einen Fingerabdruck in weniger als 1 kB speichern. Ein 256 x 384 Pixel großes Binärbild braucht dagegen unkomprimiert, auch bei bitweiser Speicherung, 12 kB.

15 Zur Verringerung des Speicherbedarfs kommt noch ein anderer Vorteil der Erfindung hinzu, dass nämlich die vektorielle Darstellung eine eingehende strukturelle Analyse ermöglicht. Die Leisten können einfacher auf ihre Richtung und Länge untersucht werden. Es ist einfacher festzustellen, welche Minutien auf einer gemeinsamen Leiste liegen oder wie viele Leisten gegebenenfalls zwischen zwei Minutien liegen. Die Entfernung von Artefakten (Brücken, Sporne, Inseln), welche einen wesentlichen Teil
20 der Bearbeitung von Fingerabdruckbildern darstellt, wird erleichtert.

Fig. 5 zeigt als Flussdiagramm ein Programm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Nach einem Start 21 werden bei 22 ein bereits skelettiertes Bild (Fig. 1) und eine vorgegebene Toleranz h eingelesen. Danach erfolgt bei 23 eine Aufteilung des
25 skelettierten Bildes in einzelne Linien. Bei 24 werden die Linien verfolgt, womit Listen der die Linien bildenden Punkte erstellt werden. In einem anschließenden Programmschritt 25, der für jede der bei 23 ermittelten Linien durchlaufen wird, erfolgt die Ermittlung von Stützpunkten gemäß Fig. 4. Diese Programmschritte werden im Zusammenhang mit Fig. 6 genauer erläutert. Sind für alle Linien die Stützpunkte ermittelt,
30 wird bei 26 das Programm beendet.

Das Programm gemäß Fig. 6 wird für jede der Linien durchlaufen. Zu Beginn wird bei 31 der Index des ersten Stützpunktes, nämlich des Anfangspunktes der jeweiligen Linie in einem ersten Stapel und der Index des letzten Stützpunktes, nämlich des Endpunktes, in einem zweiten Stapel abgelegt. Danach werden der Anfangs- und der Endpunkt als notwendig markiert. Nach einer Verzweigung 33 werden die beiden Indizes $idx1$ und $idx2$ von dem jeweiligen Stapel bei 34 entnommen, solange der Stapel nicht leer ist.

Wie im Zusammenhang mit Fig. 4 beschrieben, wird bei 35 zwischen den Punkten $x1$ und $x2$ derjenige Punkt gesucht, dessen Abstand von der Verbindungsstrecke am größten ist.

Ist ein solcher Punkt gefunden, wird bei 36 geprüft, ob der Abstand größer als die Toleranz h ist. Ist dies bereits bei Berechnung des ersten im Verlauf der Linie liegenden Stützpunktes nicht der Fall, wird dieser Stützpunkt nicht benötigt, da es sich um eine innerhalb der Toleranz h gerade Linie handelt. Das Programm wird nach der Verzweigung 33 damit beendet, dass im Programmteil 37 die Liste der notwendigen Stützpunkte erstellt wird, indem nämlich alle Punkte der Linie gelöscht werden bis auf den Anfangs- und den Endpunkt.

Ist jedoch der Abstand $dmax$ größer als h , wird bei 38 der Index $idx1$ im Stapel 1 und der Index $idxmax$ des Punktes mit dem maximalen Abstand im Stapel 2 abgelegt, worauf bei 39 der Index $idxmax$ des Punktes mit dem maximalen Abstand im Stapel 1 und der Index $idx2$ des Endpunktes im Stapel 2 abgelegt wird. Damit sind Voraussetzungen getroffen, dass zwischen den Punkten $x1$, $x5$ und $x9$ nach weiteren Punkten gesucht werden kann, wobei zunächst im Programmschritt 40 der Punkt mit dem größten Abstand (beim ersten Durchlauf der Punkt $x5$) als notwendig markiert wird.

Danach wird wiederum bei 33 geprüft, ob der Stapel leer ist, was jedoch nicht der Fall ist, wenn bei 35 ein neuer Stützpunkt ermittelt wurde. Der folgende Durchlauf ergibt dann die Punkte $x3$ und $x7$. Danach werden die Punkte $x2$, $x4$, $x6$ und $x8$ ermittelt. Bei

einem weiteren Durchlauf ist bei dem im Zusammenhang mit Fig. 4 beschriebenen Fall d_{\max} nicht größer als h , worauf bei 33 festgestellt wird, dass der Stapel leer ist und bei 37 eine Liste der notwendigen Stützpunkte erstellt wird.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Codierung von Linien in einem Hautabdruckbild, insbesondere Fingerabdruckbild,

dadurch gekennzeichnet,

5 dass jeweils eine Linie durch auf der Linie liegende Stützpunkte einschließlich des Anfangspunktes und des Endpunktes codiert wird, wobei sich Verbindungsstrecken zwischen benachbarten Stützpunkten nicht weiter als ein vorgegebener Abstand von der Linie entfernen.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

10 dadurch gekennzeichnet,

dass nach der Bestimmung des Anfangspunktes und des Endpunktes nach demjenigen Punkt auf der Linie gesucht wird, der den größten Abstand zu einer Verbindungsstrecke zwischen dem Anfangspunkt und dem Endpunkt aufweist, dass der Punkt mit dem größten Abstand als ein erster Stützpunkt abgelegt wird, dass zwischen dem ersten
15 Stützpunkt und dem Anfangspunkt und dem Endpunkt jeweils nach einem weiteren Punkt mit dem größten Abstand zu der zugehörigen Verbindungsstrecke gesucht wird, dass die gefundenen Punkte einen zweiten und einen dritten Stützpunkt darstellen zwischen denen, dem Anfangspunkt, dem Endpunkt und dem ersten Stützpunkt weitere Punkte mit dem jeweils größten Abstand gesucht werden, die weitere Stützpunkte
20 bilden, und dass eine entsprechende Suche solange fortgesetzt wird, bis kein Punkt mit einem größeren Abstand als dem vorgegebenen Abstand gefunden wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass der vorgegebene Abstand kleiner als ein Drittel des Abstandes zwischen den Linien ist.

5

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass sich verzweigende Linien an der Verzweigung aufgebrochen werden.

10

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass geschlossene Linien aufgebrochen werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15

dadurch gekennzeichnet,

dass bei der Bestimmung eines Abstandes von einer Verbindungsstrecke das Lot von dem jeweiligen Punkt auf die die Verbindungsstrecke enthaltende Gerade berechnet wird.

20

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Abstand jeweils eines Punktes zu einer Verbindungsstrecke als Abstand zum Anfang oder Ende der Verbindungsstrecke berechnet wird, wenn das Lot von dem jeweiligen Punkt auf die die Verbindungsstrecke enthaltende Gerade nicht auf der

25

Verbindungsstrecke liegt.

ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren zur Codierung von Linien

Bei einem Verfahren zur Codierung von Linien in einem Hautabdruckbild, insbesondere Fingerabdruckbild, wird jeweils eine Linie durch auf der Linie liegende Stützpunkte

- 5 einschließlich des Anfangspunktes und des Endpunktes codiert, wobei sich Verbindungsstrecken zwischen benachbarten Stützpunkten nicht weiter als ein vorgegebener Abstand von der Linie entfernen.
-

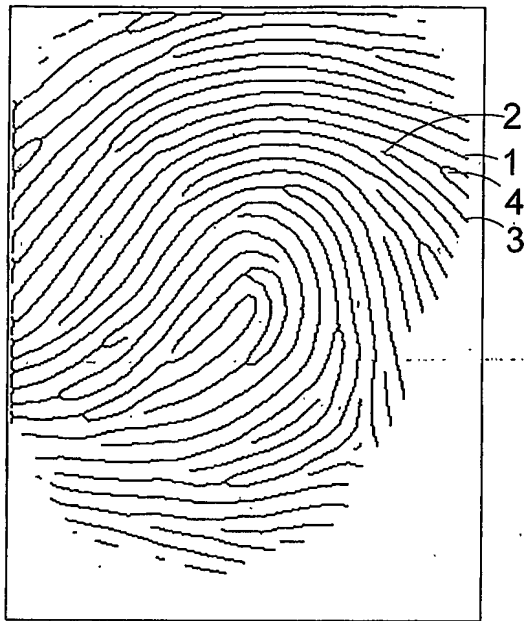


Fig.1

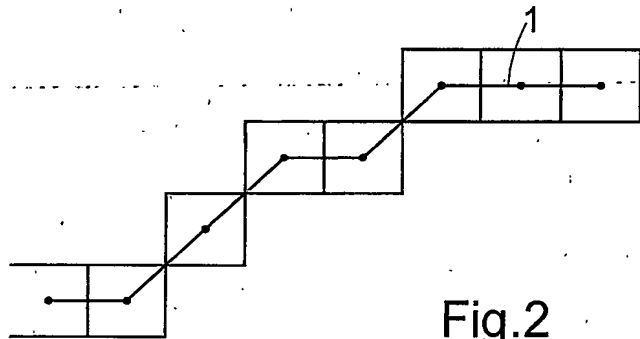


Fig.2

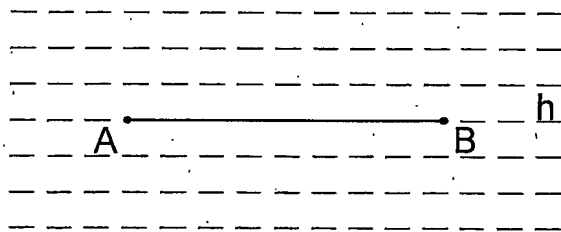


Fig.3a

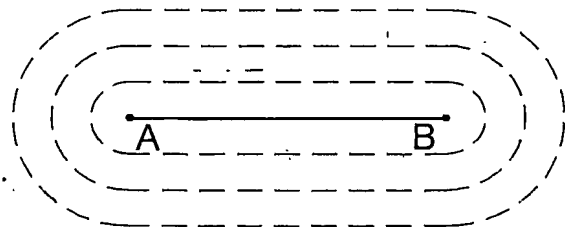


Fig.3b

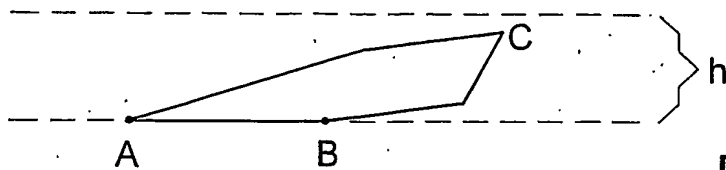


Fig.3c

3/4

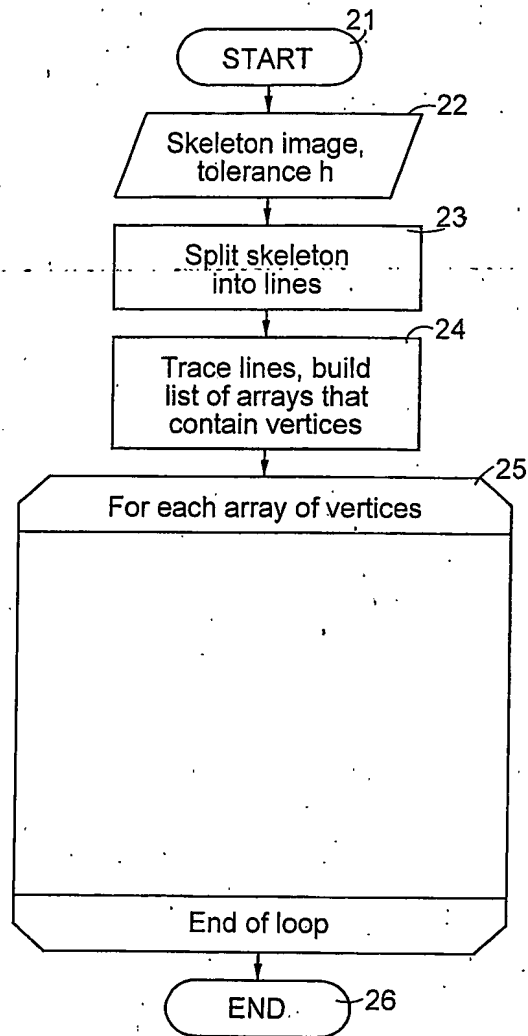


Fig.5

4/4

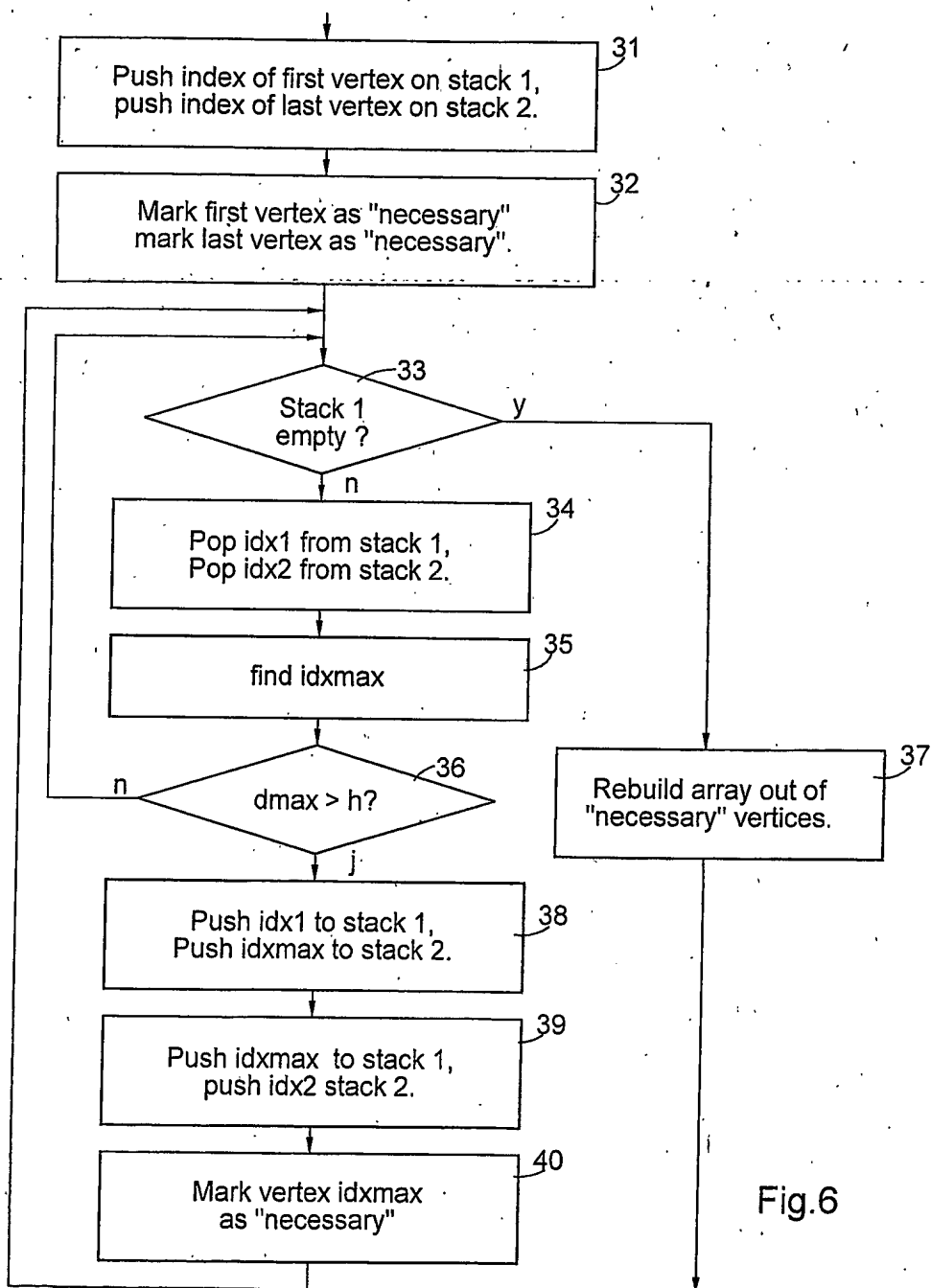


Fig.6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.